

- SUGITA S. 2007a. "Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: pollen from large sites REVEALS regional vegetation composition", *The Holocene*, 17 (2): 229-241.
- SUGITA S. 2007b. "Theory of quantitative reconstruction of vegetation II: all you need is LOVE", *The Holocene*, 17 (2): 243-257.
- SUGITA S., GAILLARD-LEMDAHL M.-J., HELLMAN S., BROSTRÖM A. 2008. "Model-based reconstruction of vegetation and landscape using fossil pollen", *Proceedings of the 35th CAA Conference, Layers of Perception, Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte, Bonn, Germany*, 10: 385-391.
- SUTTON O.G. 1953. *Micrometeorology: A Study of Physical Process in the Lowest Layers of the Earth's Atmosphere*. New York, McGraw-Hill.
- TRONDMAN A.-K. et al. 2014. "Pollen-based quantitative reconstructions of Holocene regional vegetation cover (plant functional types and land-cover types) in Europe suitable for climate modelling", *Global Change Biology*.
- VAN DER HAMMEN T. H., WIJSTRA T. A., ZAGWIJN W. H. 1971. "The floral record of the late Cenozoic of Europe", in: K.K. TUREKIAN (ed.), *The late Cenozoic glacial ages*. Yale University Press, London, New Haven: 391-424.
- VERA F.W.M. 2000. *Grazing ecology and forest history*. Oxford, CAB International.
- VON POST L. 1916. "On forest tree pollen in south Swedish peat bog deposits (Translated from Swedish by K. Fagri, M.B. Davis, 1967)", *Pollen et Spores*, 9: 375-402.

## Rythmes saisonniers des élevages préhistoriques en Europe tempérée

### L'outil isotopique traceur de la distribution des naissances du cheptel domestique

Marie Balasse\*, Delphine Frémondeau\*\*, Carlos Tornero\*

Le travail de reconstitution des systèmes d'élevage préhistoriques a beaucoup été nourri d'analogies avec les économies pastorales traditionnelles sub-contemporaines. Celles-ci demeurent une source riche et très utile pour embrasser le champ des possibilités. Aux périodes proto- et historiques, même lorsque des sources textuelles et iconographiques sont disponibles, elles ne sauraient toujours refléter la variabilité des pratiques à l'échelle locale. Désormais, nous savons également exploiter des témoignages directs des pratiques d'élevage, constitués par les restes animaux eux-mêmes. En particulier, des informations inédites peuvent être restituées à partir de l'analyse de la composition isotopique des éléments constitutifs des os et des dents. Ceux-ci sont incorporés dans le squelette par l'alimentation. Ils constituent des enregistrements précieux de la paléocéologie tout en étant liés à l'histoire individuelle. Dans cette synthèse, nous abordons tout particulièrement la saisonnalité des naissances du cheptel domestique, paramètre clef du système d'élevage. Nous expliquons les principes de la méthodologie appliquée pour reconstituer la distribution des naissances, les protocoles mis en œuvre et les premiers résultats obtenus dans des contextes néolithiques et chalcolithiques européens.

La saisonnalité des naissances,  
paramètre clef du système d'élevage

En Europe tempérée, les économies pastorales sont soumises à des rythmes saisonniers imposés par des paramètres physiologiques et environnementaux. La naissance des animaux est l'un d'eux. Sous les latitudes européennes, les caprinés, les bovins et les porcs ont une reproduction saisonnière : au cours de l'année, mâles et femelles alternent périodes d'activité et de repos sexuel. La brebis et la chèvre connaissent un anoestrus saisonnier durant lequel elles cessent d'ovuler. La périodicité entre activité et repos sexuels est, chez ces deux espèces, très fortement régie par la photopériode, c'est-à-dire les changements de la durée d'éclairement quotidien (Karsch et al. 1984) : l'activité sexuelle reprend en période de jours courts. La truie ne connaît pas de période d'infertilité vraie, mais une baisse de fertilité est observée une partie de l'année. Ce trait est hérité de la laie, son ancêtre sauvage qui, sous nos latitudes, passe en repos sexuel en été avant de redevenir fertile dans le courant de l'automne, à une date d'autant plus précoce que les ressources alimentaires sont opulentes (Etienne 2003).

\* UMR 7209 CNRS/MNHM, Archéozoologie, archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements, Paris, France, balasse@mnhn.fr.

\*\* Center for Archaeological Sciences, KU Leuven, Louvain, Belgique, Delphine.Fremondeau@bio.kuleuven.be

La vache ne connaît pas non plus d'anoestrus saisonnier, mais une diminution saisonnière de ses performances de reproduction. En conditions extensives et sans contrôle de l'éleveur, les bovins tendent à donner naissance sur une période restreinte de l'année: par exemple, on a observé que les naissances des bovins Highland avaient lieu entre mai et juillet dans le Marais Vernier en Normandie (Lecomte & Le Neveu 1986), et sur une période plus restreinte encore, en mai et juin, à une latitude plus élevée au Canada (Reinhardt *et al.* 1986).

Cette reproduction saisonnière influe très fortement, et peut renseigner, sur l'organisation des tâches pastorales au cours de l'année. La période des naissances requiert une attention particulière de la part de l'éleveur. D'elle dépend également la disponibilité des produits (animaux) au cours de l'année: viande tendre, dans le cas des porcins et des caprinés, et lait pour les bovins et les caprinés. La lactation est, en effet, initiée par la naissance du jeune: la distribution des naissances influe donc directement sur la période de production laitière, d'autant plus longue au sein du troupeau que les naissances sont étalées sur l'année. Dans les élevages mixtes alliant bovins, caprinés et/ou porcins, définir les périodes de naissances respectives permet aussi d'éclairer la complémentarité de leurs productions. Enfin, la distribution des naissances est un prérequis pour la détermination de la saisonnalité de l'abattage – et indirectement la saisonnalité d'occupation d'un site – à partir de la lecture des profils de mortalité (Bréhard *et al.* 2014).

En l'absence de données directes et précises, on admet le plus souvent que, en Europe tempérée, les naissances étaient groupées à la fin de l'hiver ou au début du printemps. Globalement, ce postulat n'est pas faux. Mais s'il est très probable que les premiers bovins, caprinés et porcs domestiques d'Europe tempérée avaient des cycles de reproduction saisonniers, il reste à définir plus précisément l'étendue de la période des naissances et son calage précis dans le cycle annuel. Au-delà du schéma global, les cas peuvent en réalité être divers. Chez les brebis et les chèvres, par exemple, dont le cycle est influencé par la photopériode, la durée de la phase de fertilité varie avec la latitude: elle est plus restreinte aux latitudes élevées. Sous les latitudes moyennes, chez les petits ruminants toujours, mais aussi chez le porc, dont les femelles ont une gestation courte et sont à nouveau réceptives peu de temps après la naissance des jeunes, la durée de la période de fertilité permet parfois une seconde gestation la même année, soit deux gestations en trois ans. Ce schéma peut aboutir à une distribution bimodale des naissances (Etienne 2003).

Enfin, la saisonnalité des naissances fait peser des contraintes que l'éleveur peut chercher à moduler par la conduite de l'élevage (alimentation, conditions de stabulation, mise en présence des mâles), pour regrouper ou au contraire étendre la période des naissances. Notamment, 1) en fonction de la taille du troupeau, il peut être avantageux de rassembler au maximum les naissances et de se consacrer totalement à cette tâche à une période bien définie de l'année; 2) si l'enjeu prioritaire est de maintenir la disponibilité des ressources telle le lait sur une période plus longue de l'année, on peut procéder à un étalement des naissances; 3) la volonté de choisir les reproducteurs peut entraîner indirectement une restriction de la période de monte et donc des naissances; 4) la stratégie résidentielle peut également peser sur le contrôle des cycles de

reproduction si l'on cherche à éviter une mortalité importante des jeunes pendant les déplacements.

Il reste difficile de prédire l'équilibre atteint entre la force des contraintes environnementales et les stratégies parfois mises en œuvre par l'éleveur pour moduler les cycles de reproduction de son cheptel. C'est là tout l'objet de notre étude. Si la durée de la période des naissances peut difficilement être prédite, on peut tenter de la définir dans un contexte archéologique par une analyse biogéochimique des restes dentaires retrouvés dans ledit contexte.

### Principes méthodologiques

L'étude de la saisonnalité des naissances est réalisée par l'analyse de la composition isotopique en oxygène ( $\delta^{18}\text{O}$ ) de la fraction minérale de l'émail dentaire, la bioapatite. Chez les grands herbivores d'Europe tempérée, le  $\delta^{18}\text{O}$  de la bioapatite est fortement corrélé à celui des eaux météoriques locales, par l'intermédiaire de l'eau consommée (Land *et al.* 1980). Le  $\delta^{18}\text{O}$  des précipitations varie essentiellement en fonction de facteurs géographiques et climatiques (Rozanski *et al.* 1993) et notamment en fonction de paramètres saisonniers: aux latitudes moyennes et élevées, il dépend de la température ambiante. Les variations saisonnières dans le  $\delta^{18}\text{O}$  des précipitations se répercutent dans le  $\delta^{18}\text{O}$  des sources de l'eau consommée et sont enregistrées dans l'émail pendant la croissance des dents. Cet enregistrement est préservé parce que l'émail est inerte du point de vue métabolique: une fois complètement minéralisé, sa composition isotopique est inchangée. Lorsque ce signal n'est pas altéré par les conditions d'enfouissement, il est ainsi possible, par un prélèvement séquentiel d'émail suivant l'axe de croissance de la dent, de restituer l'histoire isotopique individuelle et en particulier de restituer le cycle saisonnier (fig. 1).

La séquence du cycle de variation annuelle du  $\delta^{18}\text{O}$  enregistré dans une dent dépend notamment de la saison de naissance et du calendrier de croissance de la dent. Comme ce calendrier est fixe pour une espèce, des individus nés à la même période du cycle annuel enregistrent dans une même dent la même séquence du cycle saisonnier. Sur une population archéologique, déterminer la saisonnalité des naissances revient alors à observer la variabilité interindividuelle dans l'enregistrement des séquences de  $\delta^{18}\text{O}$  dans une dent choisie. Concrètement, cette estimation est faite par la comparaison de la position sur la couronne de la dent des valeurs minimales ou maximales de la séquence de  $\delta^{18}\text{O}$  (Balasse *et al.* 2003, 2012b). Ce principe a été appliqué à des collections archéologiques de caprinés (Balasse *et al.* 2003; Balasse & Tresset 2007; Blaise & Balasse 2011; Henton *et al.* 2011), de bovins (Balasse & Tresset 2007; Towers *et al.* 2011; Balasse *et al.* 2012a; Kovacicova *et al.* 2012) et de porcs (Frémondeau 2012).

### Le choix des dents

Chez les bovins et les caprinés, les molaires détiennent des séquences d'enregistrement sur une année ou plus. Il est possible de travailler sur les deuxième (M2) ou troisième molaires (M3); le choix doit porter sur l'une ou l'autre mais ne peut porter sur les deux à la fois car ces dents poussent à des

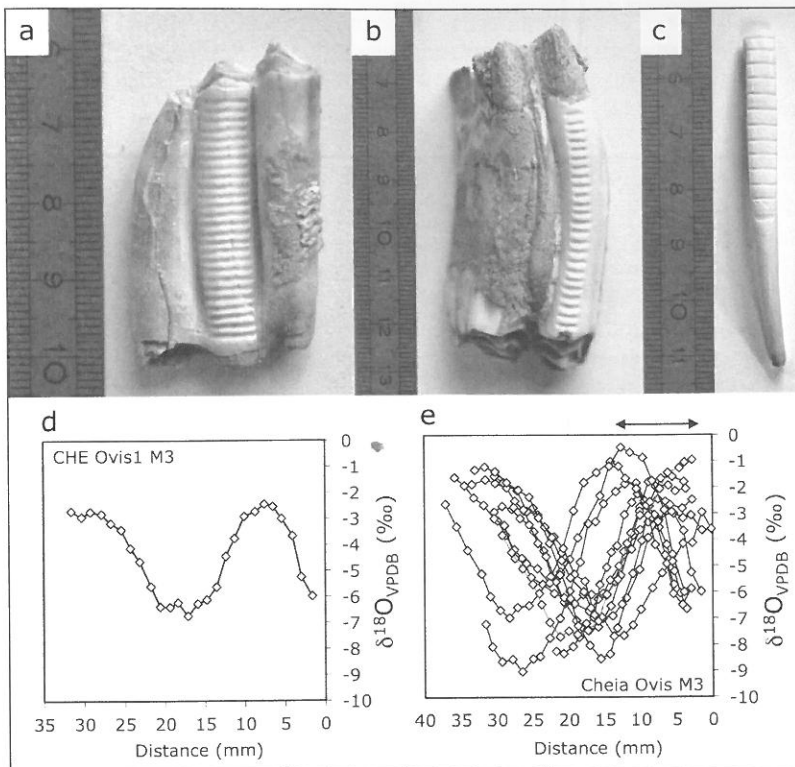


Fig. 1 – Protocole d'analyse de l'émail dentaire pour l'étude de la saisonnalité des naissances; a. échantillonnage séquentiel d'une M3 inférieure de mouton; b. d'une M3 supérieure de bœuf; c. d'une première incisive de porc; d. résultat de l'analyse du  $\delta^{18}\text{O}$ ; e. observation de la variabilité interindividuelle dans le positionnement des *optima*; exemple tiré du site de Cheia en Roumanie (données Tornero et al. 2013) (© Marie Balasse).

moments différents de la vie et la comparaison des séquences d'une dent à l'autre est encore aujourd'hui complexe. La M3 présente l'intérêt d'être facilement identifiable même lorsqu'elle est isolée, tandis que la M2 n'est assurément identifiée que quand elle est encore en place dans une rangée dentaire : la méprise entre M1 et M2 entraînerait un biais dans l'interprétation des résultats. Cependant, lorsque les rangées dentaires sont bien préservées, il est préférable de travailler sur les M2 si celles-ci présentent les caractéristiques d'état de croissance et d'usure requises : dent totalement minéralisée et usure peu prononcée (une usure prononcée entraîne la perte d'une partie de la séquence initiale). Ces conditions de préservation et de structuration du profil de mortalité ne sont pas toujours rassemblées. L'intérêt présenté par la M2 par opposition à la M3 est une plus faible variabilité interindividuelle dans le calendrier de croissance de la dent, réduisant d'autant l'imprécision sur l'estimation de l'espacement des naissances (Blaise & Balasse 2011 ; Tornero et al. 2013).

Chez le porc, une étude portant sur l'ensemble de la rangée dentaire inférieure a montré que les incisives délivraient les séquences de  $\delta^{18}\text{O}$  les plus lisibles pour une interprétation en termes de saisonnalité des naissances (Frémondeau et al. 2012). Dans l'idéal, il faut alors travailler sur des couples première et deuxième incisives (I1 + I2) et combiner les séquences mesurées sur les deux dents, dont les calendriers de croissance se chevauchent ; il est également possible de ne travailler qu'à partir d'une seule de ces deux incisives, lorsqu'une bonne hauteur de couronne est préservée (Frémondeau 2012).

### Apports de la modélisation pour normaliser et quantifier la variabilité

Un facteur de variabilité supplémentaire dans le positionnement des séquences de  $\delta^{18}\text{O}$ , le long de la couronne de la dent, est sa taille, qui peut varier sensiblement même au sein d'un même troupeau. Le rythme de croissance, que traduit une distance de croissance sur la couronne, n'est pas le même suivant la taille définitive de la dent. Afin de s'extraire de ce biais, il est nécessaire de normaliser les distances. Cette démarche nécessite de passer par une modélisation des séquences de  $\delta^{18}\text{O}$ , suivant une procédure qui ne sera pas décrite en détail ici (Balasse et al. 2012b). La modélisation permet :

- de *décrire* les données, par une détermination objective de paramètres tels que la période du cycle (ou la longueur de dent formée pendant une année), l'amplitude de la variation annuelle, le positionnement des *optima*, soit précisément ce qui nous intéresse et à partir de quoi on évalue la variabilité interindividuelle (fig 2a) ;
- de *normaliser* les données : la période du cycle, exprimée comme une distance correspondant au rythme de croissance et à laquelle est liée la taille finale de la dent, est différente chez tous les individus. Mais, chez tous les individus, elle représente une année

de croissance. Elle peut donc être utilisée pour normaliser la distance à laquelle sont positionnés les *optima*, permettant une comparaison interindividuelle ne faisant plus intervenir la taille (fig 2b) ;

- de *quantifier* la variabilité interindividuelle. On aboutit alors à une estimation de la durée de la période des naissances, exprimée en fraction du cycle annuel, qui peut être convertie en mois (fig 2b).

### Premiers résultats pour des élevages préhistoriques en Europe tempérée

Cette approche, depuis l'analyse jusqu'à la modélisation, a déjà été appliquée à quelques assemblages d'Europe tempérée datés du VI<sup>e</sup> au IV<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. Les données sont encore extrêmement lacunaires, étant donné le faible nombre de sites étudiés et leur dispersion sur le territoire et dans le temps, auxquels s'ajoute la taille restreinte de certains corpus. Pour les bovins, des études menées sur des sites de culture Hamangia et Gumelnitsa, dans l'est de la Roumanie, ont montré des naissances groupées sur trois mois (Balasse et al. sous presse et données inédites) (fig. 3), soit une durée proche de celle observée actuellement dans des élevages extensifs. Sur le site chasséen de Bercy, dans le Bassin parisien, des naissances sur une période plus longue, estimée à six mois, ont pu être en partie favorisées par le maintien d'un bon niveau d'alimentation avec un complément tiré des ressources forestières pendant l'hiver (Balasse et al. 2012a). Toujours au Néolithique



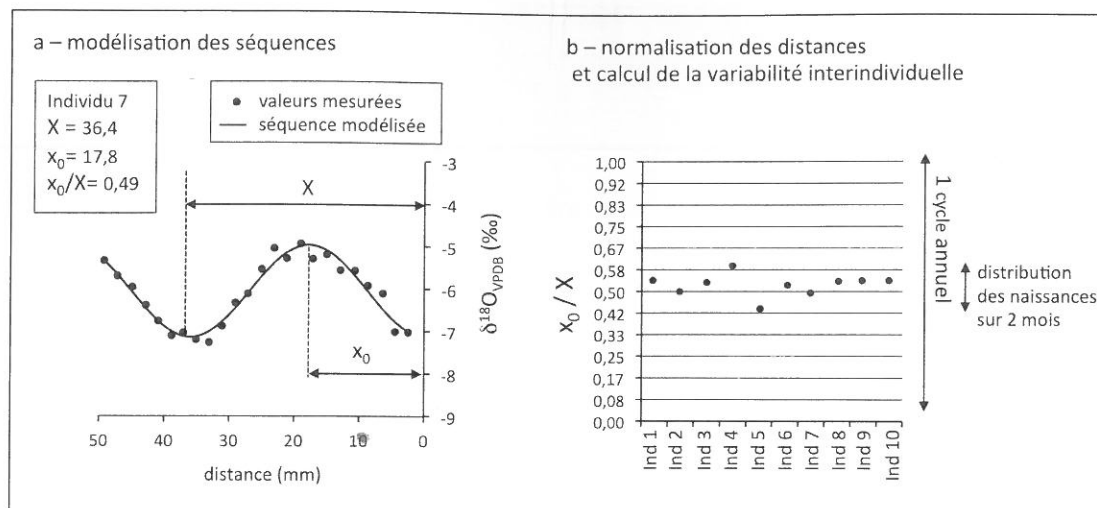


Fig. 2 – a. Modélisation d'une séquence de  $\delta^{18}O$ . Les paramètres du modèle sont notamment  $X$  la période du cycle (ou la longueur de dent formée sur un an) et  $x_0$  le délai, ou la position de la valeur maximale. b. Normalisation du délai par la période, comparaison interindividuelle et estimation de la longueur de la période des naissances (© Marie Balasse).

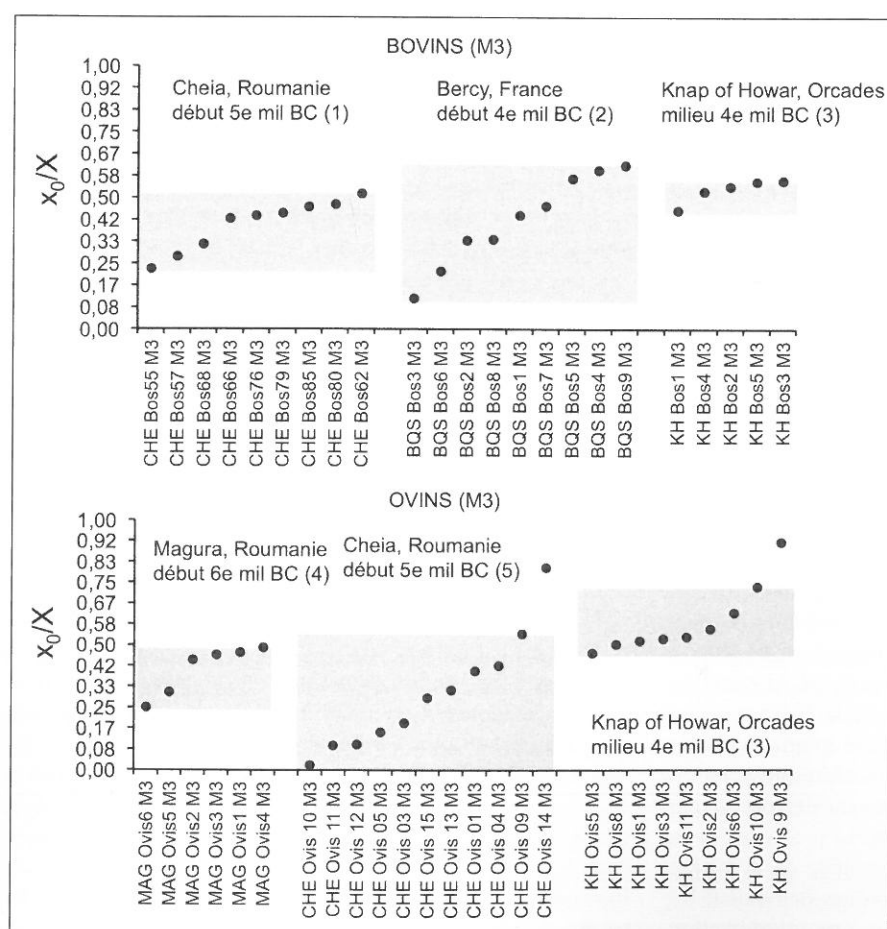


Fig. 3 – Exemple de résultats obtenus sur des assemblages néolithiques et chalcolithiques d'Europe (données: 1. Balasse *et al.* sous presse; 2. Balasse *et al.* 2012; 3. Balasse & Tresset 2009; 4. Balasse *et al.* 2013; 5. Tornero *et al.* 2013) (© Marie Balasse).

moyen, à une latitude plus élevée dans l'archipel des Orcades à Knap of Howar, des naissances sur une durée beaucoup plus restreinte – ou une fenêtre de survie plus serrée pour les jeunes – pourraient être expliquées par des conditions climatiques particulièrement difficiles (fig. 3). Si ce dernier résultat

doit être pondéré, pour les bovins, par un très petit corpus de données, les informations obtenues sur les ovins du même site témoignent également de l'existence d'une période de naissances restreinte. À Knap of Howar, pour les bovins comme pour les moutons, les naissances semblent se produire plus

tard dans l'année en comparaison avec celles observées à des latitudes plus basses (fig. 3). Cette tendance, particulièrement marquée chez le mouton à Knap of Howar et qui semble confirmée sur un autre assemblage du Néolithique moyen du même archipel à Skara Brae (données inédites des auteurs), peut être expliquée par l'influence primordiale de la photopériode sur le cycle de reproduction de la brebis.

### Utilité des référentiels actuels pour caler les naissances dans le temps

En théorie, il devrait être possible de déterminer la saison des naissances à partir du calendrier de formation de la dent et de la séquence du cycle qui y est enregistrée. En pratique, le calendrier de croissance n'est pas connu avec une précision suffisante, et s'y ajoute une imprécision sur le moment de l'acquisition du signal isotopique dans l'émail dentaire. Le rythme d'incorporation du signal isotopique dans l'émail dépend du rythme de croissance dentaire et de la durée du processus de minéralisation. Lors de la formation de la dent, l'émail est déposé dans un premier temps sous la forme d'une matrice organique faiblement minéralisée et l'acquisition de la partie la plus importante de la fraction minérale est faite plus tard lors de la phase de maturation. Ce processus de minéralisation secondaire est discontinu (Suga 1982) et sa durée varie suivant l'espèce, la dent et la partie de celle-ci. Des études isotopiques ont permis de la quantifier à plusieurs mois dans les molaires de bœuf (Balasse 2002) et de moutons (Zazzo et al. 2010; Balasse et al. 2012b). Chez le porc, elles ont mis en évidence que le délai de minéralisation de l'émail est le plus court dans la canine mâle, qu'il augmente dans les incisives et plus encore dans les molaires (Frémontdeau 2012). Pour cette raison, s'il demeure possible de raisonner en termes de variabilité interindividuelle afin de déterminer la saisonnalité des naissances, l'estimation de la saison de naissance est plus complexe.

Aujourd'hui, on détermine la saison des naissances par comparaison avec des référentiels actuels, constitués de séquences de  $\delta^{18}\text{O}$  mesurées sur les dents d'individus dont la saison de naissance est connue. Ces séquences normali-

sées peuvent être comparées directement avec celles mesurées sur les spécimens archéologiques (fig. 4). Il existe pour l'heure un référentiel pour la M2 du mouton (Blaise et Balasse 2011; Balasse et al. 2012a; Tornero et al. 2012) et un pour les incisives des suidés (Frémontdeau et al. 2012). Ainsi il a été possible, sur le site de Cheia (Roumanie, culture Hamangia) par exemple, de déterminer que les naissances des moutons étaient distribuées entre la toute fin de l'hiver et le tout début de l'été (fig. 4). Mis en regard avec le profil de mortalité fortement structuré en faveur d'une production de viande tendre, ce résultat a permis de conclure que cet apport, par l'abattage d'animaux de 6-12 mois, avait pu se faire sur la quasi-totalité de l'année, excepté au début de l'été (Tornero et al. 2012). Le chemin à parcourir reste considérable avant de pouvoir véritablement mettre en évidence, au-delà des contraintes environnementales et climatiques, des choix zootechniques. Les premières tendances sont toutefois très encourageantes, notamment si le gradient altitudinal observé dans la longueur et le calage de la distribution des naissances venait à être confirmé. Ce résultat, qui n'a rien d'inattendu, est un argument fort en faveur de la pertinence de la démarche méthodologique. La multiplication des études de cas archéologiques devra toutefois s'accompagner d'un renforcement des référentiels actuels, trop peu nombreux pour les caprinés et le porc, voire inexistantes pour les bovins.

### Références bibliographiques

- BALASSE M. 2002. "Reconstructing dietary and environmental history from enamel isotopic analysis: time resolution of intra-tooth sequential sampling", *International Journal of Osteoarchaeology*, 12: 155-165.
- BALASSE M., BOURY L., UGHETTO-MONFRIN J. & TRESSET A. 2012a. "Stable isotope insights ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) into cattle and sheep husbandry at Bercy (Paris, France, IV<sup>th</sup> millennium BC): birth seasonality and winter leaf foddering", *Environmental Archaeology*, 17: 29-44.
- BALASSE M., OBEIN G., UGHETTO-MONFRIN J. & MAINLAND I. 2012b. "Investigating seasonality and season of birth in past herds: a reference set of sheep enamel stable oxygen isotope ratios", *Archaeometry*, 54: 349-368.

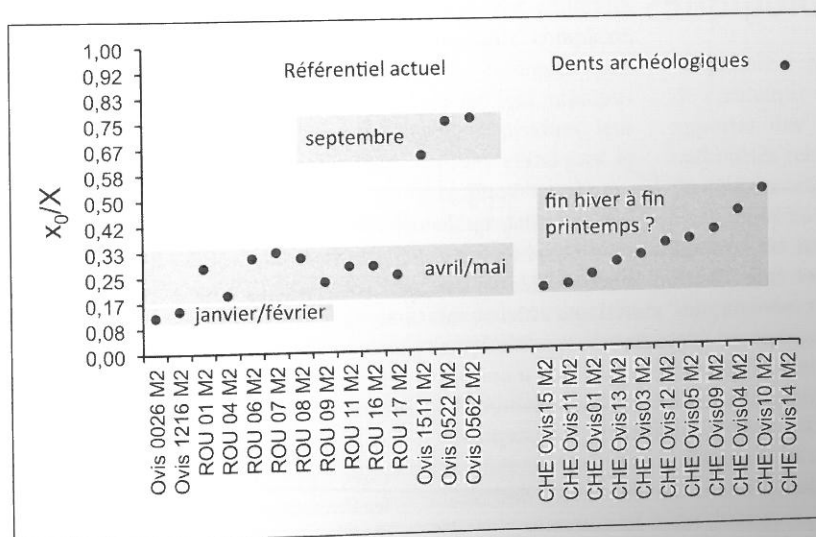


Fig. 4 – Estimation de la saison des naissances par comparaison avec des référentiels actuels (d'après Tornero et al. 2013) (© Marie Balasse).

- BALASSE M., SMITH A.B., AMBROSE S.H. & LEIGH S.R. 2003. "Determining sheep birth seasonality by analysis of tooth enamel oxygen isotope ratios: the Late Stone Age site of Kasteelberg (South Africa)", *Journal of Archaeological Science*, 30 : 205-215.
- BALASSE M., TORNERO C., BRÉHARD S., UGHETTO-MONFRIN J., VOINEA V. & BALASESCU A. Sous presse. "Cattle and Sheep Herding at Cheia, Romania, at the Turn of the Fifth Millennium cal BC. A View from Stable Isotope Analysis", in: W.A. WHITTLE & P. BICKLE, *Early farmers, the view from archaeology and science*, Oxford, Oxford University Press.
- BALASSE M. & TRESSET A. 2007. "Environmental constraints on reproductive activity of domestic sheep and cattle: what latitude for the herder?" *Anthropozoologica*, 42 (2) : 71-88.
- BALASSE M. & TRESSET A. 2009. "A key to the adaptation of Neolithic husbandry in the Orkneys: contribution of seaweed to the sheep diet at the Holm of Papa Westray, revealed through stable isotope analysis ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$ ) of teeth", in: A. RITCHIE (ed.), *On the fringe of Neolithic Europe. Excavation of a chambered cairn on the Holm of Papa Westray, Orkney*. Edimbourg, Society of Antiquaries of Scotland : 74-82.
- BLAISE E. & BALASSE M. 2011. "Seasonality and season of birth of modern and late Neolithic sheep from south-eastern France using tooth enamel  $\delta^{18}\text{O}$  analysis", *Journal of Archaeological Science*, 38 : 3085-3093.
- BRÉHARD S., RADU V., MARTIN A., HANOT P., POPOVICI D. & BALASESCU A. 2014. "Food Supply Strategies in the Romanian Eneolithic: Sheep/Goat Husbandry and Fishing Activities from Hârsova Tell and Bordusani-Popina (5<sup>th</sup> Millennium BC)", *European Journal of Archaeology*, 17 : 407-433.
- ETIENNE P. 2003. *Le sanglier*. Paris, Delachaux et Niestlé.
- FRÉMONDEAU D., CUCCHI T., CASABIANCA F., UGHETTO-MONFRIN J., HORARD-HERBIN M.-P. & BALASSE M. 2012. "Pig seasonality of birth and diet, from tooth enamel stable isotope ratios ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ): a modern reference set from wild and domestic populations from Corsica (France)", *Journal of Archaeological Science*, 39 : 2023-2035.
- FRÉMONDEAU D. 2012. *Rythmes saisonniers des élevages porcins archéologiques: propositions pour un protocole d'analyse isotopique*. Thèse de doctorat, Muséum national d'Histoire naturelle.
- HENTON E., MEIER-AUGENSTEIN W. & KEMP H.F. 2011. "The use of oxygen isotopes in sheep molars to investigate past herding practices at the Neolithic settlement of Catalhöyük, central Anatolia", *Archaeometry*, 52 : 429-449.
- KARSCH F., BITTMAN E. L., FOSTER D. L., GOODMAN R. L., LEGAN S. J. & ROBINSON J. E. 1984. "Neuroendocrine basis of seasonal reproduction", *Recent Progress in Hormone Research*, 40 : 185-232.
- KOVACIKOVA L., BRÉHARD S., SUMBEROVA R., BALASSE M. & TRESSET A. 2012. "New insights into the subsistence and early farming from Neolithic settlements in Central Europe: archaeozoological evidence from the Czech Republic", *Archaeofauna*, 21 : 71-97.
- LAND L.S., LUNDELIN E.L. & VALASTRO S. 1980. "Isotopic ecology of deer bones", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 32 : 143-151.
- LECOMTE T. & LE NEVEU C. 1986. *Le Marais Vernier: contribution à l'étude et à la gestion d'une zone humide*. Thèse de doctorat. Université de Rouen Haute-Normandie.
- REINHARDT C., REINHARDT A. & REINHARDT V. 1986. "Social behaviour and reproductive performance in semi-wild Scottish Highland cattle", *Applied Animal Behaviour Science*, 15 : 125-136.
- ROZANSKI K., ARAGUÁS-ARAGUÁS L. & GONFANTINI R. 1993. "Isotopic patterns in modern global precipitation", in *Climate change in continental isotopic records*, Washington, American Geophysical Union : 1-36.
- SUGA S. 1982. "Progressive mineralization pattern of developing enamel during the maturation stage", *Journal of Dental Research*, 61 : 1532-1542.
- TORNERO C., BALASESCU A., UGHETTO-MONFRIN J., VOINEA V. & BALASSE M. 2013. "Seasonality and season of birth in early Eneolithic sheep from Cheia (Romania): methodological advances and implications for animal economy", *Journal of Archaeological Science*, 40 : 4039-4055.
- TOWERS J., JAY M., MAINLAND I., NEHLICH O. & MONTGOMERY J. 2011. "A calf for all seasons? The potential of stable isotope analysis to investigate prehistoric husbandry practices", *Journal of Archaeological Science*, 38 : 1858-1868.
- ZAZZO A., BALASSE M., PASSEY B. H., MOLONEY A. P., MONAHAN F. J., SCHMIDT O. 2010. "The isotope record of short- and long-term dietary changes in sheep tooth enamel: Implications for quantitative reconstruction of paleodiets", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74 : 3571-3586.

## Substances naturelles liées aux céramiques archéologiques

Léa Drieu\*, Martine Regert\*

Parmi les matériaux utilisés par les sociétés anciennes, les produits d'origine biologique ont été largement exploités pour répondre à divers besoins, qu'ils soient d'ordre technique, alimentaire, médicinal ou cosmétique. Malheureusement, alors que les matériaux biologiques contenant une fraction minérale (coquilles, ossements) se conservent dans de nombreux contextes, les matériaux strictement organiques sont très sensibles aux diverses agressions biologiques ou chimiques post-dépositionnelles. Ils sont donc généralement mal conservés, quand ils n'ont pas entièrement disparu. Toutefois, lorsque le contexte d'enfouissement est favorable à leur conservation, leur analyse fournit un grand nombre d'informations susceptibles d'éclairer le fonctionnement des sociétés humaines du passé.

Dès le début du xx<sup>e</sup> siècle, des résidus organiques visibles à l'œil nu sur des céramiques ont fait l'objet de diverses investigations conduisant à la détermination de

\* Université Nice Sophia-Antipolis,  
CNRS, CEPAM, UMR 7264, Nice,  
lea.drieu@cepam.cnrs.fr  
martine.regert@cepam.cnrs.fr